

PAT-NO: JP362187925A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 62187925 A
TITLE: POSITION DETECTOR

PUBN-DATE: August 17, 1987

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KIKUCHI, AKIO	
MURAKAMI, AZUMA	
TAGUCHI, YOSHINORI	

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
WACOM CO LTD N/A	

APPL-NO: JP61029540
APPL-DATE: February 13, 1986

INT-CL (IPC): G06F003/03 , G01B007/00

ABSTRACT:

PURPOSE: To prevent a position detector from the generation of malfunction by canceling a signal due to hand touch, out of detecting signals of a vibration unit.

CONSTITUTION: An I/O panel 1 is constituted of a touch panel 40 consisting of a vibration detecting unit 30 and a conductive plate arranged on a tablet 10 through a shielding plate 20. When the touch panel 40 is depressed by a magnetic generator 3, the interval between the 1st and 2nd plate materials 31, 32 constituting the unit 30 is changed, stress due to a projection part is applied to a vibration sensor and a signal is outputted. Since the plate materials 31, 32 are similarly vibrated by external vibration, the change of the interval is not generated and no signal is extracted. On the other hand, hand touch is detected from the touch panel 40 and a signal

extracted from the vibration generated in the unit 30 at the time of hand touch is canceled.

COPYRIGHT: (C)1987,JPO&Japio

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-187925

⑮ Int. Cl.

G 06 F 3/03
G 01 B 7/00

識別記号

3 4 5

庁内整理番号

B-7165-5B
P-7355-2F

⑭ 公開 昭和62年(1987)8月17日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全19頁)

⑮ 発明の名称 位置検出装置

⑯ 特 願 昭61-29540

⑰ 出 願 昭61(1986)2月13日

⑱ 発 明 者 菊 地 昭 雄 埼玉県北葛飾郡鷺宮町桜田五丁目23番4 株式会社ワコム
内

⑲ 発 明 者 村 上 東 埼玉県北葛飾郡鷺宮町桜田五丁目23番4 株式会社ワコム
内

⑳ 発 明 者 田 口 義 徳 埼玉県北葛飾郡鷺宮町桜田五丁目23番4 株式会社ワコム
内

㉑ 出 願 人 株式会社 ワコム 埼玉県北葛飾郡鷺宮町桜田五丁目23番4

㉒ 代 理 人 弁理士 吉田 精孝

明 細 書

1. 発明の名称

位置検出装置

2. 特許請求の範囲

(1) 定常的な磁場を発生する磁気発生器で指定されたタブレット上の位置を検出する位置検出装置において、

タブレットとほぼ同様の大きさを有し且つその一の面に振動センサを設けた第1の板材と、タブレットとほぼ同様の大きさを有し且つその一の面に前記振動センサを押圧する突部を設けた第2の板材とを、前記振動センサおよび突部を互いに固定して重ね合わせ、その一辺およびこれに対向する他辺のみにて互いに固定してなる振動検出ユニットと、

タブレットとほぼ同様の大きさを有し且つ手の接触を感知するタッチパネルと、

前記タッチパネルより手が該タッチパネルに接触した時点を検出し、前記振動センサの出力信号より第1又は第2の板材に磁気発生器等が接触

した時点又は離れた時点を検出し、これらより磁気発生器が第1又は第2の板材に接している期間に相当するタイミング信号を発生する制御回路とを備え、

前記振動検出ユニットをタブレット上に重ね合わせるとともに、該振動検出ユニット上にタッチパネルを固定してなる

ことを特徴とする位置検出装置。

(2) 複数の振動センサおよびこれを押圧する複数の突部とを所定の間隔で配置してなる振動検出ユニットを用い、前記複数の振動センサのうち、位置検出された座標付近の振動センサの出力信号より、第1又は第2の板材に磁気発生器等が接触した時点又は離れた時点を検出するようにしたことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の位置検出装置。

(3) 絶縁基板上に導体を配設した導体板をタッチパネルとして用い、該導体に誘起する電磁ハムのレベルより手が接触した時点を検出するようにしたことを特徴とする特許請求の範囲第1項又

は第2項記載の位置検出装置。

(4) 複数の導体を所定の間隔で配置してなる導体板を用い、前記複数の導体のうち、位置検出された座標付近の導体より、手が導体板に接触した時点を検出するようになしたことを特徴とする特許請求の範囲第3項記載の位置検出装置。

(5) タッチパネルを振動検出ユニットの第1又は第2の板材として用いたことを特徴とする特許請求の範囲第1項乃至第4項いずれか1項記載の位置検出装置。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、磁気発生器で指示したタブレット上の座標値を検出し得る位置検出装置に関するものである。

(従来の技術)

従来のこの種の位置検出装置において、タブレット上の入力すべき座標位置のみを指定する手段としては、位置指示器にスイッチ手段を設け、該スイッチ手段のオン(又はオフ)によるタイミ

ストロークが2(又は3以上)のストロークとして認識されたり、また、位置指示器の移動速度が遅くなると振動の周波数が低くなり、信号の大きさも小さくなるため、広い範囲の速度で位置指示器を動かすことができず、また、振動を吸収するような厚手の紙等を重ねることもできず、さらに外部からの振動により誤動作し易いという問題点があった。

(問題点を解決するための手段)

本発明では前記問題点を解決するため、定常的な磁場を発生する磁気発生器で指定されたタブレット上の位置を検出する位置検出装置において、タブレットとほぼ同様の大きさを有し且つその一面に振動センサを設けた第1の板材と、タブレットとほぼ同様の大きさを有し且つその一面に前記振動センサを押圧する突部を設けた第2の板材とを、前記振動センサおよび突部を互いに固定して重ね合わせ、その一辺およびこれに対向する他辺のみにて互いに固定してなる振動検出ユニットと、タブレットとほぼ同様の大きさを有し且つ

ング信号をコードを介して、あるいは超音波や赤外線を用いて制御装置に送るよう構成されているものが知られている。また、他の手段としては、入力面に振動センサを設け、入力面上で位置指示器を動かした時に発生する振動を検出してこれをタイミング信号となし、制御装置に送るよう構成されているものが知られている。

(発明が解決しようとする問題点)

しかしながら、位置指示器よりコードを介してタイミング信号を送るものでは該コードが位置指示器の操作性を悪くし、また、超音波や赤外線を用いてタイミング信号を送るものでは位置指示器にこれらの送信機や信号発生回路、電池等を設けなければならず、構成が複雑で高価になり、しかも大型・目づ大・重量化し、この場合も入力時の操作性が悪くなる。また、振動センサを用いたものでは位置指示器を入力面で移動させなければタイミング信号がとれず、例えば一点の座標値を入力することができず、また、手書き文字を入力する場合等において、途中で大きく方向が変化する1

手の接触を感知するタッチパネルと、前記タッチパネルより手が該タッチパネルに接触した時点を検出し、前記振動センサの出力信号より第1又は第2の板材に磁気発生器等が接触した時点又は離れた時点を検出し、これらより磁気発生器が第1又は第2の板材に接している期間に相当するタイミング信号を発生する制御回路とを備え、前記振動検出ユニットをタブレット上に重ね合わせるとともに、該振動検出ユニット上にタッチパネルを固定した。

(作用)

本発明によれば、振動検出ユニットの上方の板材を磁気発生器で押圧した時、又はこの押圧力を取除いた時に、第1の板材と第2の板材との間隔に変化が生じ、突部による応力が振動センサに加わり信号が出力されるため、磁気発生器等がユニットの上方の板材に接触した時点および離れた時点を検出でき、一方、外部からの振動が加わった場合等には第1の板材と第2の板材とが同様に振動するため、前記間隔に変化が生ぜず、従って、

信号は取出されず、また、タッチパネルより手の接触を検出し、該手が接触する際、振動検出ユニットに発生する振動から取出される信号をキャンセルすることができ、磁気発生器が上方の板材に接している期間に相当するタイミング信号を正しく取出することができる。

(実施例)

第1図は本発明の基本的な構成を示すもので、図中、1は入出力パネル、2は制御装置、3は位置指定用磁気発生器、4は電源装置である。

入出力パネル1は、第1図および第2図に示すようにタブレット10の上にシールド板20を介して、振動検出ユニット30、並びにタッチパネル、例えば導体板40が載置され、これらが一体的に非磁性の金属からなるケース50に納められている。

制御装置2は、第3図に示すようにタブレット10を制御するタブレット制御回路5、振動検出ユニット30および導体板40からの信号よりタイミング信号を取出すタイミング制御回路6、

しい。アモルファス合金としては、例えば $\text{Fe}_{67}\text{Co}_{18}\text{B}_{14}\text{Si}_1$ (原子%)、 $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13.5}\text{Si}_{3.5}\text{C}_2$ (原子%)等が使用できる。磁歪伝達媒体11は細長い形状をしており、その断面は長方形の薄帯状か円形の線状が望ましく、薄帯状の場合、幅は数mm程度、厚さは数 μm ～数10 μm 程度が製造も容易で且つ特性も良好である。アモルファス合金は製造上、厚さが20～50 μm の薄いものが作れるので、これを薄板状或いは線状に切断すれば良い。本実施例では $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13.5}\text{Si}_{3.5}\text{C}_2$ (原子%)から成る幅2mm、厚さ0.02mmの磁歪伝達媒体を使用している。

12は、合成樹脂等から成る細長円筒状の補強材で、前記磁歪伝達媒体11をそれぞれ、その内部に収容している。

13はX方向に配置された磁歪伝達媒体11の一端の補強材12上に配設されたX方向第1コイルである。このX方向第1コイル13は、隣接する補強材12間でひねられ、互いに隣接する磁歪伝達媒体11毎に逆方向に巻回されており、コ

並びにこれらを統一的に制御する電子計算機7とからなっている。

位置指定用磁気発生器(以下、入力ペンと称す。)3は、第4図に示すように合成樹脂等からなるペン軸301の一端302に先端先端状の棒磁石303が収容されている。また、棒磁石303の先端にはプラスチック等の保護カバー304が取付けられている。

電源装置4は、周知の整流器やトランス、DC-DCコンバータ等からなり、必要な電力を制御装置2内の各回路に供給する。

第5図はタブレット10の構造を示す平面図、第6図は第5図VI-VI線に沿う断面図である。図中、11は磁歪伝達媒体であり、X方向およびY方向にそれぞれ複数本、互いにほぼ平行に配置される。磁歪伝達媒体11は強磁性体であれば使用できるが、強い磁歪振動波を発生させるために磁歪効果の大きな材料、例えば鉄を多量に含むアモルファス合金が特に望ましい。また、磁石を接近させても磁化され難い保持力の小さな材料が好ま

イル13に電流を流した時に各磁歪伝達媒体11に対応した部分より生じられる磁束、またはコイル13に一方方向の磁束が加わった時に前記各部分に生じする電圧が逆方向となる如くしてある。このため、コイル13にパルス電流を流した時に発生するパルス雑音や外部からの誘導がコイル13の隣接する各部分の間で互いに打ち消し合って弱められる。なお、巻回数は図示例では1回であるが、2回以上にしても良い。このX方向第1コイル13は瞬時的磁場変動を発生して磁歪伝達媒体11の各々の巻回部位に磁歪振動波を生起させるためのものであり、コイル13の一端はタブレット制御回路5に接続され、その他端は接地される。

また、14はY方向に配置された磁歪伝達媒体11の一端の補強材12上に配設されたY方向第1コイルであり、隣接する補強材12間でひねられ、互いに隣接する磁歪伝達媒体11毎に逆方向に巻回されている。このY方向第1コイル14の一端は、コイル13と同様にタブレット制御回路5に接続され、他端は接地される。なお、作

についてはコイル13と同様である。

15はバイアス用磁気発生器、例えば角磁石であり、X方向第1コイル13の巻回部分およびY方向第1コイル14の巻回部分に長手方向に平行なバイアス磁界をそれぞれ加えるためのものである。このようにバイアス磁界を印加するのは、少ない電流で大きな磁歪振動波の発生を可能にすると共に、この磁歪振動波の発生位置を指定するためである。即ち、磁歪伝達媒体11の電気機械結合係数(機械的エネルギーから電気的エネルギー、又は電気的エネルギーから機械的エネルギーへの変換効率を示す係数)は、例えば第7図に示すようにあるバイアス磁界の時、最大となるから、このような磁気バイアスをX方向第1コイル13、Y方向第1コイル14の巻回部分に印加しておくことにより効率良く磁歪振動波を発生することができる。

16はX方向に配設された磁歪伝達媒体11の広い範囲に亘って補強材12上に配設されたX方向第2コイルである。該コイル16は各磁歪伝

なる。

また、17はY方向に配設された磁歪伝達媒体11の広い範囲にわたって補強材12上に配設されたY方向第2コイルであり、該コイル17は各磁歪伝達媒体11上に全て同一方向(この実施例では左巻き)に巻回され、且つ隣接するコイル同士で接続の極性が逆になる如く直列に接続されている。また、このコイル17の巻きピッチはY方向第1コイル14に近接している側の一端より反対側の他端に向って徐々に密に巻回されており、その一端は、コイル16と同様にタブレット制御回路5に接続され、他端は接地されている。なお、作用についてはコイル16と同様である。

前述したX方向の磁歪伝達媒体11と補強材12とX方向第1コイル13とX方向第2コイル16とから成るX方向の位置検出部と、Y方向の磁歪伝達媒体11と補強材12とY方向第1コイル14とY方向第2コイル17とから成るY方向の位置検出部とは、互いに直交するよう重ね合わせられ、ケース50の底部に収納され、必要に応じ

伝達媒体11上に全て同一方向(この実施例では左巻き)に巻回され、且つ隣接するコイル同士で接続の極性が逆になる如く直列に接続されている。従って、全てのコイル16に一方方向の磁束が加わった時に各コイル16に生起する電圧、電流の方向、またはコイル16全体に電流を流した時に各コイル16に生起される磁束の方向が隣接するコイル同士で逆方向となり、外部からの誘導や雑音が隣接するコイル間で互いに打ち消し合って弱められる。

前記コイル16の巻きピッチはX方向第1コイル13に近接している側の一端より反対側の他端に向って徐々に密に巻回されており、磁歪振動波の減衰により誘導電圧が小さくなるのを補っている。一般的に誘導起電力を高めるためには巻きピッチは大きい方が好ましい。このX方向第2コイル16は磁歪伝達媒体11を伝搬する磁歪振動波による誘導電圧を検出するためのものであり、一端はタブレット制御回路5に接続され、また他端は接地され、巻回された領域が位置検出領域と

て接着剤等で固定される。また、バイアス用角磁石15は磁歪伝達媒体11の端部に対向するようにケース50の底部に収納・固定されるが、磁歪伝達媒体11の上方又は下方あるいは側方に並列に配置しても良い。

第8図はタブレット制御回路5の概略構成を示す回路ブロック図である。以下、各回路ブロックの説明とともに、タブレット10による位置検出の動作について詳述する。

今、入出力パネル1において、入力ペン3が導体板40、振動検出ユニット30を通して、タブレット10のX方向第1コイル13のコイル面中心からX軸方向の距離 δ_1 の磁歪伝達媒体11上、また、Y方向第1コイル14のコイル面中心からY軸方向の距離 δ_2 の磁歪伝達媒体11上にあり、電気機械結合係数が大きくなる程度の磁気を磁歪伝達媒体11に加えているものとする。

電子計算機7よりタブレット制御回路5のマикроプロセッサ501に測定開始の命令信号を送出すると、該マイクロプロセッサ501はX、Y切

換え信号のうち、Xを選択する切換え信号をマルチプレクサ502 および503 に送出し、X方向パルス電流発生器504 およびX方向第2コイル16を選択するとともに、トリガパルスをマルチプレクサ502 を介してX方向パルス電流発生器504 に加え、X方向第1コイル13にパルス電流を印加する。また、前記トリガパルスは単安定マルチバイブレータ(モノマルチ)505 を介してカウンタ506 にも加えられており、該カウンタ506 はリセットされ、クロック発生器507 より供給されるクロックパルスの計数を開始する。該クロック発生器507 のクロックパルスのパルス繰り返し周波数は、例えば100MHzである。

X方向用パルス電流発生器504 が動作しパルス電流がX方向第1コイル13に印加されると、X方向第1コイル13で瞬時的磁場変動が発生し、これが原因で磁歪伝達媒体11のX方向第1コイル13の巻回部分で磁歪振動波が生起する。この磁歪振動波は磁歪伝達媒体11固有の伝搬速度(約5000m/秒)で磁歪伝達媒体11を長手

方向に沿って伝搬する。そして、この伝搬中にあって、磁歪振動波が存在する磁歪伝達媒体11の部位でその部位の電気機械結合係数の大きさに応じて機械的エネルギーから磁氣的エネルギーへの変換が行なわれ、そのためX方向第2コイル16に誘導起電力が発生する。

第9図はX方向第2コイル16に発生する誘導起電力の時間的変化の一例を、X方向第1コイル13にパルス電流を印加した時刻を $t=0$ として図示したものである。

同図に示すように、誘導起電力の振幅は時刻 $t=0$ 直後と時刻 t_0 から $t_1 \sim t_2$ 秒経過したあたりで大きくなり、他の時刻では小さくなる。時刻 $t=0$ 直後で誘導起電力の振幅が大きくなるのは、X方向第1コイル13とX方向第2コイル16間の電磁誘導作用によるものであり、時刻 $t=t_1 \sim t_2$ において1サイクルの誘導起電力(磁歪振動波による誘導電圧)の振幅が大きくなるのは、X方向第1コイル13の巻回部分で発生した磁歪振動波が、磁歪伝達媒体11を伝搬して

入力ペン3の直下付近に到達し、その部分で電気機械結合係数が大きくなったためである。

入力ペン3を磁歪伝達媒体の長手方向に沿って移動させると磁歪振動波による誘導電圧もそれに応じて時間軸上を移動する。従って、時刻 t_0 から $t_1 \sim t_2$ までの時間を測定することにより入力ペン3で指定されたX方向の位置、即ち距離 l_1 を算出することができる。位置を算出するための伝搬時間としては、例えば、第9図に示すように磁歪振動による誘導電圧の振幅が閾値 E_1 より小さくなった時点 t_3 、閾値 E_1 より大きくなった時点 t_4 を使用しても良く、また、ゼロクロス点 t_5 を使用しても良い。

前述したX方向第2コイル16で発生する誘導起電力はマルチプレクサ503 を介して増幅器508 に送られ増幅され、さらにコンパレータ(比較器)509 に送出される。該コンパレータ509 ではこの誘導起電力と基準電圧、例えば前述した閾値 E_1 とを比較し、誘導起電力が閾値 E_1 より大きくなった時、即ち磁歪振動波による誘導電圧の

正極性部分を検出した時にカウンタ506 にストップパルスを送出し、カウンタ506 の計数を停止させる。

この時、カウンタ506 には、X方向第1コイル13にパルス電流が加えられた時刻からX方向第2コイル16に磁歪振動波による誘導電圧が現われるまでの時間に対応するデジタル値が得られる。また、この値は磁歪振動波が毎秒約5000mの速さで進むことにより、X方向第1コイル13から入力ペン3までのX方向の距離 l_1 に対応したものとなる。マイクロプロセッサ501 はこの時のカウンタ506 の計数値、即ちX方向位置データを読込む。

ついで、マイクロプロセッサ501 はY方向の切換え信号をマルチプレクサ502 および503 に送出し、Y方向パルス電流発生器510 およびY方向第2コイル17を選択し、前記同様にして入力ペン3のY方向位置データを読込む。

このようにした得られたデジタル値のX座標値およびY座標値は、一旦、マイクロプロセッサ

501内のメモリに記憶され、電子計算機7に送出されるが、前記測定開始を示す信号が出されている間、上述したような測定が繰返され、その値は更新される。

電子計算機7では、該XおよびY座標値をタイミング制御回路6に送出するとともに、必要に応じてディスプレイ装置(図示せず)等に送出し、表示させる。また、後述するようにタイミング制御回路6からタイミング信号が送出されると、その時点でのXおよびY座標値を指定座標値として入力する。

前記実施例ではX方向第1コイル13、Y方向第1コイル14を磁歪振動波の発生用に使し、X方向第2コイル16、Y方向第2コイル17を磁歪振動波の検知用として使用したが逆としても良く、その場合には入力ペン3の直下で磁歪振動波が発生し、第2コイル13、14で誘導電圧が発生することになる。

振動検出ユニット30は、第10図および第11図に示すように、第1および第2の板材31、

素材を板材31、32の一辺又はこれに対向する他辺と同じ長さを有するストリップ状に形成したものである。また、スペーサ36はスペーサ35a、35bの分だけ幅狭な板状をなした軟質ゴム等からなり、前記ざぐり孔31aと同一径の透孔36aが12個、それぞれ対応する位置に設けられている。

前記各振動センサ33は、板材31のざぐり孔31a内に接着剤等によりその周縁部のみ固定され、また、各突部34はその一端が各振動センサ33の略中央に、また、他端が板材32の下面に接着剤等で固定される。また、板材31と板材32とは、その一辺同士および他辺同士の間にスペーサ35aおよび35bを挟んで接着剤等で固定される。この時、スペーサ36は板材31と32との間に固定されずに保持される。なお、各振動センサ33はマトリクス状に接続され、後述するタイミング制御回路6のマルチプレクサに接続される。

而して、前記振動検出ユニット30はタブレ

ット32と、複数(ここでは12個)の振動センサ33と、複数(ここでは12個)の突部34と、スペーサ35a、35b、36とからなっている。

板材31、32はタブレット10とはほぼ同様の大きさを有するアルミ板等からなり、板材31には縦3個、横4個の計12個のざぐり孔31aおよびこれよりやや小径の透孔31bがほぼ等間隔に穿設されている。また、板材31の上面には各ざぐり孔31aから一辺まで振動センサ33へのリード線を取容する溝31cが設けられ、下面には各ざぐり孔31aから他の一辺まで溝31dが設けられている。振動センサ33は扁平板形状を有する周知の圧電振動子であり、外部より加わる応力の大きさに応じた電圧信号を出力する。前記ざぐり孔31aの径の大きさおよび深さは振動センサ33を取容し得る如く設定される。突部34は全体略棒状のプラスチック等からなり、その両端部は平面状に形成されている。

スペーサ35a、35bは、軟質プラスチック、硬質ゴム等のようにわずかに可撓性を有する

ット10のシールド板20上に載置・固定される。

通常、板材32に何も触れず、また、外部からの振動が加わらない状態では、振動センサ33からは何も出力されない。第12図に示すように、板材32の上面に入力ペン3が接触すると、板材32が撓み、且つ振動し、この撓みと振動が突部34を介して振動センサ33を強く押圧する。この時、振動センサ33には大きな応力が働くため、正の大きな電圧信号が発生する。次にそのまま、板材32上で入力ペン3を動かすと、その動きに応じて小さな正又は負の電圧信号が発生する。その後、入力ペン3を板材32より持ち上げると、板材32の撓みが復元し、また、振動も減衰する。この時、振動センサ33より前述した大きな応力が取除かれるため、負の大きな電圧信号が発生する。

なお、板材32は複数の振動センサ33および突部34に支えられているため、外部から振動が加わった場合には、各振動センサ33の個々に加わる応力が分散され、いずれの振動センサ33

からも電圧信号は発生しない。なお、第12図では簡略のため、振動センサ33、突部34をそれぞれ1個ずつのみ示した。

導体板40は、第13図および第14図に示すように、プラスチック等の絶縁基板41と、複数（ここでは16個）の帯状の導体42とからなっている。基板41は振動検出ユニット30の板材31、32とほぼ同様な大きさを有している。導体42は、幅10mm程度の銅板等からなり、基板41の内部の表面41a寄り（0.5～1mm）に、互いに所定間隔、例えば5mm程度離れてX軸方向に略平行に封入されている。該導体板40は振動検出ユニット30の板材32の上に載置・固定されている。

また、前記導体42は、それぞれ個別に後述するタッチ検出回路に接続されている。

タイミング制御回路6の構成を第15図に示す。同図において、601はマイクロプロセッサ、602はアドレスデコーダ、603、604、605はラッチ回路、606、607、608はマルチプレクサ、

に送出する。なお、このデータはデータバスにより各ラッチ回路に送られるが、この際、アドレスデコーダ602により選択的に各ラッチ回路に所定のデータが格納される。

ラッチ回路603、604、605に送出されたデータはマルチプレクサ606、607、608で解説され、振動センサ33-1～33-12のうちの選択された一つ、即ち33-6を、差動増幅器609を介してタイミング検出回路620に接続し、導体42-1～42-16のうちの選択された一つ、即ち42-10をタッチ検出回路610を介してタイミング検出回路620に接続する。

タッチ検出回路610は、第16図(a)に示すように1組のCMOSトランジスタ611、612と、ダイオード613、614と、抵抗615、616と、半固定抵抗617と、コンデンサ618とからなっており、その入力端子INは前記導体42に接続され、出力端子OUTはタイミング検出回路620に接続される。

前記回路は導体42に手が触れない状態でPチャネルトランジスタ611がオフ、Nチャネルト

609は差動増幅器、610はタッチ検出回路、620はタイミング検出回路である。ここで、前記12個の振動センサをそれぞれ33-1～33-12と、また、16個の導体をそれぞれ42-1～42-16と表わすものとする。

前述したようにタブレット制御回路5より電子計り機7を介して、入力ペン3のXおよびY座標値がマイクロプロセッサ601に送られて来ると、該マイクロプロセッサ601は予め記憶しているタブレット10による位置座標と、振動検出ユニット30の各振動センサ33-1～33-12との位置関係、並びに導体板40の各導体42-1～42-16との位置関係より、前記入力ペン3の座標値付近の振動センサ、例えば33-6を検出し、また、前記入力ペン3の座標値付近（実際には入力ペン3を持つ手が右であれば、座標値より右方）の導体、例えば42-10を検出し、これらを振動検出ユニット30の振動センサ並びに導体板40の導体の位置に対応するデータ（BCDコード）に変換してラッチ回路603、604、605

ランジスタ612がオンし、コンデンサ618が放電し、「0」Vのローレベルの信号を出力する如くなっている。

一方、導体42に手が触れると、該手より第16図(b)に示すように50Hz又は60Hzの電源ハムが入力し、スレシホールドレベルを境に交互にトランジスタ611、612をオンする。トランジスタ611がオンし、トランジスタ612がオフの時はPチャネルトランジスタ611のオン抵抗（標準200Ω）とコンデンサ618による時定数でコンデンサ618が充電され、出力電圧が上昇し、トランジスタ611がオフし、トランジスタ612がオンの時はNチャネルトランジスタ612のオン抵抗と直列に挿入された抵抗616の和とコンデンサ618による時定数でコンデンサ618が緩かに放電し、出力電圧が降下し、結果として、「V_{DD}（ここでは5）」Vのハイレベルの信号を出力する如くなっている。

タイミング検出回路620の構成を第17図に示す。同図において、621はバッファアンプ、

622 は増幅器、623, 624 は比較器、625 はRSフリップフロップ、626, 627 は高域フィルタ(HPF)、628, 629 はアンド回路、630 は波形整形回路、631 は単安定マルチバイブレータ、632 はオア回路である。

バッファアンプ621は振動センサ33の出力をインピーダンス変換して増幅器622に送出する。比較器623および624は、入力ペン3が板材32(厳密に言えば導体板40)に接触したこと、および板材32より離れたことを検出するもので、増幅器622の出力電圧を所定の閾値電圧 V_{TH} および $-V_{TH}$ とそれぞれ比較し、比較器623では前記閾値電圧 V_{TH} より大きい時にハイレベルの信号を出し、比較器624では前記閾値電圧 $-V_{TH}$ より小さい時にハイレベルの信号を出し、それ以外の時にはローレベルの信号を出す如くなっている。また、比較器623, 624の出力信号はアンド回路628, 629、オア回路632を介してRSフリップフロップ625のセット入力、リセット入力に送出される。RSフリップフロップ625の出力は入力ペン3が

振動検出ユニット30に接触している期間を示す信号(以下、ペンダウン信号と称す。)として電子計算機7に送出される。

なお、高域フィルタ626は150Hzのカットオフ周波数を持つもので、入力ペン3を持つ手が板材32に接触した時に振動検出ユニット30に与える低い周波数の振動音の影響を除去する。また、高域フィルタ627は50Hzのカットオフ周波数を持つもので、途中で方向が大きく変化する1ストロークを有する手書き文字を入力する時のように、入力ペン3は動いているが、ストロークが大きく変化するために出力電圧が $-V_{TH}$ を超えてしまうような場合でも、入力ペン3が動いていることを50Hz以上の振動音がでていることで認識し、ペンダウン信号をオフにしないためである。

また、単安定マルチバイブレータ631は前述したタッチ検出回路610の出力信号をマルチプレクサ608、波形整形回路630を介して受け、所定時間幅(例えば、約0.5秒)のパルス信号を発生し、オア回路632に送出する。これは手が板材

32(厳密には導体板40)から完全に離れた状態から該板材32に接触すると、入力ペン3が接触した場合と同様の150Hz以上の振動音が発生することがあり、これによってペンダウン信号がオンすることを防止するため、手が導体板40に離れた時点から前記所定時間の間、フリップフロップ625をオンしないようになっている。

入力ペン3を持つ手を導体板40上の前述した導体42-10付近に接し、さらに振動センサ33-6付近において、入力ペン3の先端を導体板40の上面に押付け、例えば手書き文字を入力し、その後、該入力ペン3を持上げると、導体42-10に対応するタッチ検出回路610にハイレベルの信号が得られるとともに振動センサ33-6から電圧信号が得られる。

前記ハイレベルの信号はマルチプレクサ608を介して波形整形回路630に入力され、ここで第18図(a)に示すような信号Aに波形整形され、単安定マルチプレクサ631に送出される。単安定マルチプレクサ631は前記信号Aの立上がりで起

動され、0.5秒の時間幅の信号Bを発生する。

また一方、振動センサ33-6からの電圧信号は差動増幅器609を介してバッファアンプ621に送出されインピーダンス変換され、増幅器622にて電圧増幅され、第18図(c)に示すような信号Cに変換される。該信号Cは比較器623にて閾値電圧 V_{TH} と比較され、また、比較器624にて閾値電圧 $-V_{TH}$ と比較されるが、信号C中の正のピークC1は手が導体板40に接触した時の信号であり、また、ピークC2は入力ペン3を導体板40、即ち振動検出ユニット30に押付けた時の信号であり、ともに閾値電圧 V_{TH} より大きいため、比較器623からは第18図(d)に示すようなパルス信号D1, D2が出力される。また、信号C中の負のピークC3は入力ペン3を導体板40より持上げた時の信号で閾値電圧 $-V_{TH}$ より小さいため、比較器624からは第18図(e)に示すようなパルス信号Eが出力される。

前記パルス信号D1, D2はアンド回路628を介してフリップフロップ625のセット入力に送

出されるが、前記パルス信号Bがオア回路632を介してフリップフロップ625のリセット入力に送出されているため、パルス信号D1ではセットされず、パルス信号D2によりセットされる。また、前記パルス信号Eはアンド回路629、オア回路632を介してフリップフロップ625のリセット入力に送出され、これをリセットし、フリップフロップ625の出力からは第18図(f)に示すようなペンダウン信号Dが得られる。

なお、ここで駆動ユニット30と導体板40との応答の違いより、パルス信号D1に対してパルス信号Bが遅れる恐れがある場合は、アンド回路628とフリップフロップ625との間に遅延回路等を設けて、不要な信号によりフリップフロップ625がセットしないようになしても良い。

前記ペンダウン信号Fは電子計算機7に送出されるが、電子計算機7側ではこのペンダウン信号Fがハイレベルの期間内に、前記タブレット制御回路5より送られるXおよびY座標値を全て指定座標値として認識する。

導体板730a、730b、磁性体板720c、720d、導体板730c、730d、磁性体板720e、720f、シールド板710bの12層からなっている。

シールド板710a、710bは、ガラスエポキシ等の絶縁性基板711の片面に銅板712を貼着したプリント基板を用いている。

磁性体板720a～720fは、複数(図示例では8本)の長尺の磁性体721をほぼ平行に配列し、これを2枚のガラスエポキシ等の絶縁性基板の間に挟持し、加熱圧着等により一体化してなるものである。ここで、磁性体721としては磁石を接近させても磁化され難く、即ち保持力が小さく且つ透磁率(μ)の高い材料、例えば直径が約0.1mmの断面円形状のアモルファスワイヤが用いられる。アモルファスワイヤとしては、例えば($\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x$) $_{75}\text{Si}_{10}\text{B}_{15}$ (原子%)(x はFeとCoとの割合を示すもので、0～1の値をとる。)等が適している。

導体板730a～730dは、ガラスエポキシ等の絶縁性基板の片面に銅板を貼着したプリント基

入力ペン3を持つ手の接する導体が替わる程大きな図形等を入力するような時、入力ペン3の座標位置に応じてマルチプレクサ608により、導体42-1～42-16の出力が切替えられて出力されることになるが、この場合、通常、手は導体板40に接触したまま移動するため、マルチプレクサ608の出力は常にハイレベルとなり、従って、その途中において、前記信号Bが発生することはない。

入力ペン3を移動させずに、導体板40のある一点で上下させれば、タブレット制御回路5から電子計算機7に送られる座標値は一の値となり、一つの指定座標値を入力することも可能である。

また、この指定座標値は、そのまま、あるいは所定のプログラム処理をなした後、前記同様にしてディスプレイ装置等に表示させることもできる。

第19図はタブレットの他の例を示すものである。タブレット70は、同図に示すように上からシールド板710a、磁性体板720a、720b、

板にエッチング加工を施し、複数(図示例では17本)の両端にランド孔を有する導体を形成してなるものである。

前記磁性体板720a、720b間、720c、

720d間、および720e、720f間は加熱圧着により、また、他の基板間は接着用シートを介して接着・固定される。この時、磁性体板720a、720c、720eの磁性体はY方向、磁性体板720b、720d、720fの磁性体はX方向に沿って配置され、導体板730a、730cの導体はY方向に直交する方向、導体板730b、730dの導体はX方向に直交する方向に配置される。

なお、他の製造方法として、2枚の磁性体板をその磁性体が互いに直交するように加熱圧着し、その両外側にプリント基板を接着・固定し、その後、エッチング処理により導体を形成し、もしくは形成せず、前記シールド板710a、磁性体板720a、720b、導体板730aの組、導体板730b、磁性体板720c、720d、導体板730cの組、並びに導体板730d、磁性体板720e、720f、

シールド板 710b の粗を作成し、これらをさらに接着・固定するようになしても良い。タブレット 70 全体の厚さは、実際は 3~5mm 程度であるが、図面では厚さ方向のみを拡大して表わしている。また、タブレット 70 において、磁性体板 720a, 720b, 720c, 720d, 720e, 720f は、その中の磁性体 721 により励磁線の周囲に発生する磁束の通り道を構成し、より大きな電磁誘導を得るためのものであり、特に設けなくても差支えない。また、シールド板 710a, 710b は外部からの通常のノイズの混入、および外部への誘導雑音の放出を防止するためのものであり、特に設けなくても差支えない。

導体板 730b と 730d の各導体は、上下に重なり合う導体同士が一端のランド孔にてスルーホール処理により接続され、磁性体板 720d 中の磁性体 721 の周囲を巻回する X 方向の励磁線 740a ~ 740i および検出線 750a ~ 750h を交互に形成する。励磁線 740a ~ 740i の導体板 730b 側の他端は、隣接する励磁線 740a ~ 740i の導体板 730d 側の他端に接続され、即ち直列に接続さ

れ、励磁線 740a の他端と励磁線 740i の他端は後述する位置検出回路 9 内の駆動電流源に接続される。また各検出線 750a ~ 750h の導体板 730b 側の他端は、それぞれマルチプレクサ 780 に接続され、検出線 750a ~ 750h の導体板 730d 側の他端は共通に接地される。

導体板 730a と 730c の各導体は、上下に重なり合う導体同士が一端のランド孔にてスルーホール処理により接続され、磁性体板 720c 中の磁性体 721 の周囲を巻回する Y 方向の励磁線 760a ~ 760i および検出線 770a ~ 770h を交互に形成する。励磁線 760a ~ 760i の導体板 730a 側の他端は、隣接する励磁線 760a ~ 760i の導体板 730c 側の他端に接続され、即ち直列に接続され、励磁線 760a の他端と励磁線 760i の他端は駆動電流源に接続される。また各検出線 770a ~ 770h の導体板 730a 側の他端は、それぞれマルチプレクサ 790 に接続され、検出線 770a ~ 770h の導体板 730c 側の他端は共通に接地される。

第 20 図はタブレット 70 に対応するタブレ

ット制御回路 9 の具体的構成を示す回路ブロック図である。以下、各回路ブロックの説明とともに動作について詳述する。

タブレット制御回路 9 の電源が投入されると、タブレット 70 の励磁線 740a ~ 740i, 760a ~ 760i には駆動電流源 901 より正弦波交番電流が流される。この時、検出線 750a ~ 750h および 770a ~ 770h には、前記励磁線 740a ~ 740i および 760a ~ 760i を流れる交番電流に基づく電磁誘導により誘導電圧が発生する。この電磁誘導は磁性体板 720a ~ 720f の磁性体 721 を介して行なわれるため、磁性体 721 の透磁率が大きい程、前記誘導電圧の電圧値は大きくなる。

ところで、磁性体 721 の透磁率は外部より加わる磁気バイアスによって大きく変化する。その変化のようすは磁性体の組成、前記交番電流の周波数、あるいは磁性体に熱処理等を加えることなどにより異なるが、ここでは第 21 図に示すように僅かな磁気バイアスを加えた時に最大となり、それ以上の磁気バイアスを加えれば加える程減少

するものとする。

入力ペン 3 の先端を磁性体 721 の上部に位置させると、棒磁石 302 より出た磁束は該先端直下では磁性体 721 にほぼ直交し、また、その両側では徐々に磁性体 721 に沿う如くなる。磁性体 721 に加えられる磁気バイアス量は磁束と磁性体 721 との交差する角度が小さい程大きくなるため、前記入力ペン 3 の先端直下で一帯小さく、ここから離れるに従って徐々に大きくなる。

従って、タブレット 70 の上部に通常形成される入力面に前記入力ペン 3 の先端が当てられた時、その先端直下の磁性体 721 に加えられる磁気バイアス量を前記僅かな磁気バイアス量に設定し、該入力ペン 3 の先端を検出線 750a から X 方向の距離 x_s および検出線 770a から Y 方向の距離 y_s だけ離れた入力面の位置に押し当てると、例えば X 方向の検出線 750a ~ 750h には第 22 図に示すように、入力ペン 3 を置いた位置（指定位置）に最も近い検出線に発生する電圧値を極大値として、該指定位置から離れるに従って徐々に小

さくなる誘導電圧 $V_1 \sim V_8$ が発生する。第22図において、横軸は検出線 750a ~ 750h の位置をそれぞれ $x_1 \sim x_8$ とするX方向の座標位置を示し、縦軸は電圧値を示している。

一方、この時、前記同様に電子計算機7より演算処理回路902に測定開始の命令信号を送出すると、該演算処理回路902は出力バッファ903を介してマルチプレクサ780へ制御信号を送り、X方向の検出線 750a ~ 750h の誘導電圧を増幅器904へ順次入力する。前記各誘導電圧は増幅器904で増幅され、検波器905で整流されて直流電圧に変換され、更にアナログ—デジタル(A/D)変換器906にてデジタル値に変換され、入力バッファ907を介して演算処理回路902に送出される。演算処理回路902では前記各誘導電圧(デジタル値)をメモリ908に一時記憶し、これらよりX方向の座標値 x_s を求める。

座標値 x_s の算出方法は種々考えられるが、前記誘導電圧が入力ペン3直下の電圧を極大値としてその両側で減少している点に着目して、該極

750d, 750eに誘起する電圧 V_3, V_4, V_5 、および検出線 750cの座標値 x_3 (既知) を代入し演算することにより、X座標値 x_s を求めることができる。

演算処理回路902は、まず前記各誘導電圧の中より極大値(ここでは最大の電圧値)を有する誘導電圧 V_k を検出する。さらに演算処理回路902はメモリ908内より前記誘導電圧 V_k と、その前後の誘導電圧 V_{k-1}, V_{k+1} を取り出し、これらをそれぞれ前記(6)式における電圧 V_3, V_4, V_5 として(6)式の演算処理を行ない、X座標値 x_s を求める。

次に演算処理回路902は出力バッファ903を介してマルチプレクサ790に制御信号を送り、Y方向の検出線 770a ~ 770h の誘導電圧を順次入力し、前述と同様の処理を行ないY座標値 y_s を求める。

このようにして求められたデジタル値のXおよびY座標値は、一旦、メモリ908に記憶され、電子計算機7に送出されるが、前記測定開始を示

大値付近の誘導電圧に近似する函数を求め、その函数の極大値の座標として座標値 x_s を求める方法がある。ここで、例えば、各検出線 750a ~ 750h の間隔を Δx とし、第22図において座標 x_3 から座標 x_5 までを2次函数(図中、実線で示す)で近似すると、次のようにして算出することができる。まず、各検出線の電圧と座標値より

$$V_3 = a(x_3 - x_s)^2 + b \quad \dots\dots(1)$$

$$V_4 = a(x_4 - x_s)^2 + b \quad \dots\dots(2)$$

$$V_5 = a(x_5 - x_s)^2 + b \quad \dots\dots(3)$$

となる。ここで、 a, b は定数($a < 0$)である。また、

$$x_4 - x_3 = \Delta x \quad \dots\dots(4)$$

$$x_5 - x_3 = 2\Delta x \quad \dots\dots(5)$$

となる。(4),(5)式を(2),(3)式に代入して整理すると、

$$x_s = x_3 + \Delta x / 2 \{ (3V_3 - 4V_4 + V_5) / (V_3 - 2V_4 + V_5) \} \quad \dots\dots(6)$$

となる。従って、前記(6)式に検出線 750c、

シ信号が出されている間、上述したような測定および演算が所定時間毎に繰返され、その値は更新される。

電子計算機7では、前記同様、該XおよびY座標値をタイミング制御回路6に送出するとともに、必要に応じてディスプレイ装置等に送出し、表示させる。また、前述したようにタイミング制御回路6からタイミング信号が送出されると、その時点でのXおよびY座標値を指定座標値として入力する。

第23図は駆動電流源901の具体例を示すものである。同図において、901aは積分回路であり、演算処理回路902のクロックパルス(またはこれを分周したパルス)を入力信号とし、これを積分し、三角波信号に変換する。901bはバンドパスフィルタであり、前記三角波信号を正弦波信号に変換する。901cはパワードライバであり、オペアンプと電流増幅器とからなっており、前記正弦波信号を電流増幅して励磁線 740a ~ 740i、760a ~ 760iへ送出する。なお、基準(入力)

信号にクロックパルスを用いたのはタブレット制御回路9と同期をとるためである。

なお、実施例中の磁性体、励磁線および検出線の本数は一例であり、これに限定されないことはいふまでもない。また検出線の間隔は2~6mm程度であれば比較的精度良く位置検出ができることが実験により確かめられている。また、位置指定用磁気発生器も棒磁石に限定されることはなく、板、リング、角体等でもよく、あるいは電磁石でもよい。

なお、前述した実施例において、スペーサ36は上側の板材32が必要以上に損んで、振動センサ33を破壊しないために設けたものであるが、該スペーサ36の代りに、第24図(a)に示すように振動センサ33の周囲に、硬質プラスチック等からなり且つ所定の高さを有する保護リング37を取付け、入力ペン3を板材32に押しした時、第24図(b)に示すように所定の位置以上に損まないようにすることもできる。

また、振動検出ユニットの上側の板材として、

でき、従って、磁気発生器のみを備えた入力ペンを使用でき、通常の筆記具のように自然な感覚で操作できる。また、入力ペンをユニット上で動かさなくても前記タイミング信号はとぎれることなく、手書き文字の1ストロークが分離して認識される恐れがなく、また、一点の座標値を取出することもでき、さらにユニット上に厚手の紙等をおいてもタイミング信号を取出すことができ、しかも広い範囲の速度で磁気発生器を動かすことができる等の利点がある。

4. 図面の簡単な説明

図面は本発明の入力装置の一実施例を示すもので、第1図は基本的構成を示す斜視図、第2図は入出力パネル1の概略構成を示す一部省略拡大断面図、第3図は制御装置2の概略構成を示すブロック図、第4図は入力ペン3の断面図、第5図はタブレット10の構造を示す平面図、第6図は第5図VI-VI線に沿う断面図、第7図は磁気バイアス対電気機械結合係数の特性図、第8図はタブレット制御回路5のブロック図、第9図はX方向

前記導体板40をそのまま用いることもできる。

第25図は振動センサ33の好適な具体例を示すものである。同図において、33aは直径25mm、厚さ50μmの円板状のセラミック振動子、33b、33cは直径44mm、厚さ50μmの真鍮板であり、前記振動子33aは中央に透孔を有する絶縁性の両面テープ33d、33eにより、真鍮板33b、33cの間に挟持・固定されている。また、振動子33aの両面は、それぞれ導電性の接着剤により真鍮板33b、33cと接続されており、該真鍮板33b、33cがそれぞれ2つの電極を構成する如くなっている。

(発明の効果)

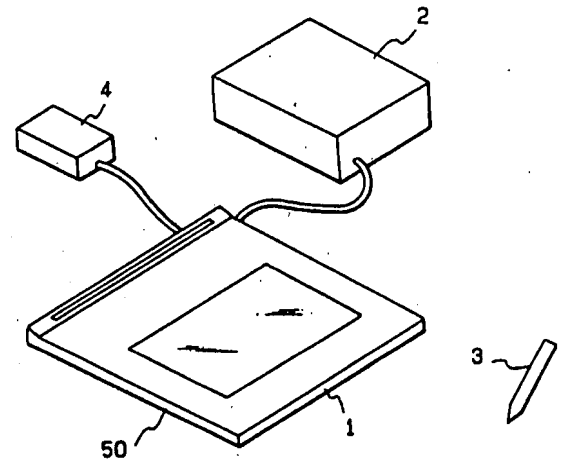
以上説明したように本発明によれば、タッチパネルより手の接触を検出し、一方、振動検出ユニットにより磁気発生器又は手等の接触に伴う振動を検出し、該振動ユニットの検出信号中より手の接触による信号をキャンセルするようになったので、磁気発生器をタブレットに接している期間に相当するタイミング信号を正確に取出すことが

第2コイル16に発生する誘導起電力の時間的変化の一例を示す線図、第10図は振動検出ユニット30の分解斜視図、第11図は振動検出ユニット30の拡大断面図、第12図は振動検出ユニット30の動作状態を示す断面図、第13図は導体板40の一部切欠平面図、第14図は第13図XIV-XIV線矢視方向の断面図、第15図はタイミング制御回路6のブロック図、第16図(a)はタッチ検出回路610の回路図、第16図(b)はタッチ検出回路610の入力及び出力波形図、第17図はタイミング検出回路620のブロック図、第18図(a)(b)(c)(d)(e)は第17図における各部の信号波形図、第19図は他のタブレット70の具体的な構造を示す図、第20図は他のタブレット制御回路9のブロック図、第21図は磁気バイアス対透磁率の特性図、第22図はX方向の各検出線に発生する誘導起電力の一例を示すグラフ、第23図は振動電流源901の具体例を示す電気回路図、第24図(a)(b)は振動検出ユニットの他の実施例を示す断面図、第25図は振動センサの具体

第 1 図

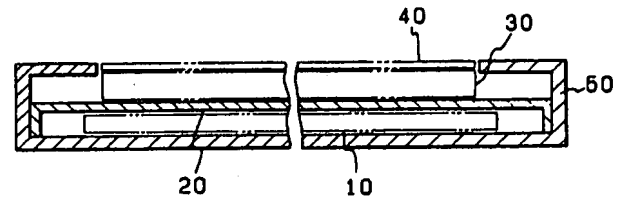
例を示す分解斜視図である。

1…入出力パネル、2…制御装置、3…入力
ペン、4…電源装置、5…タブレット制御回
路、6…タイミング制御回路、7…電子計算
機、10…タブレット、30…振動検出ユニ
ット、31、32…第1、第2の板材、33
…振動センサ、34…突部、40…導体板、
41…絶縁基板、42…導体。

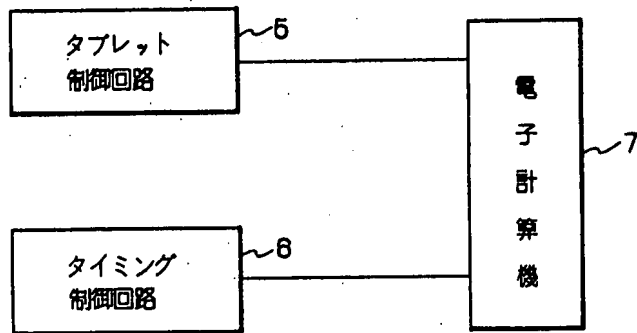


特許出願人 株式会社 ワコム
代理人弁理士 古 田 精 孝

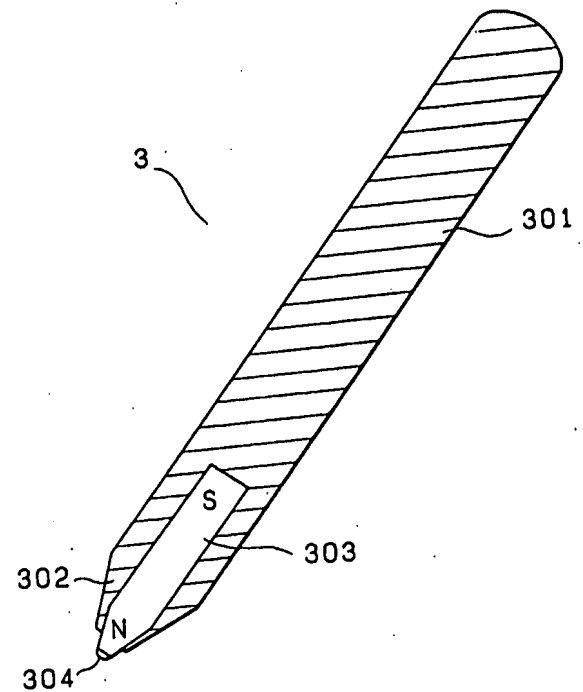
第 2 図



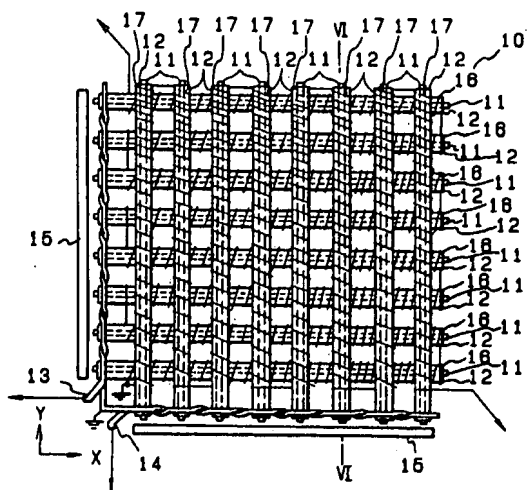
第 3 図



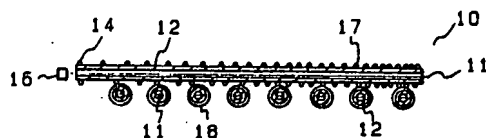
第 4 図



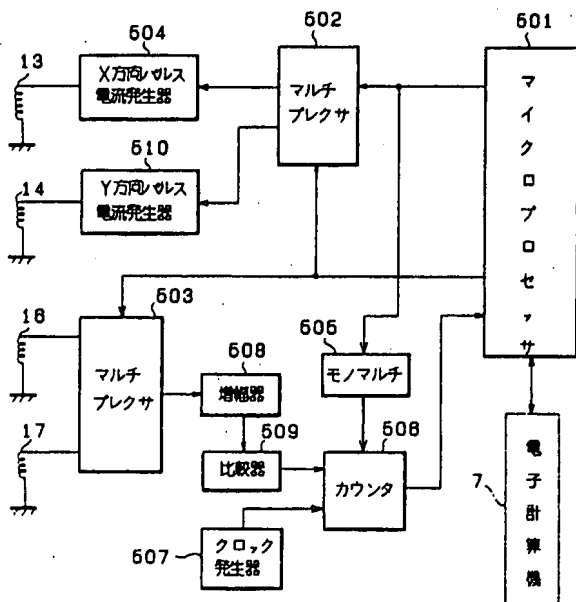
第 5 図



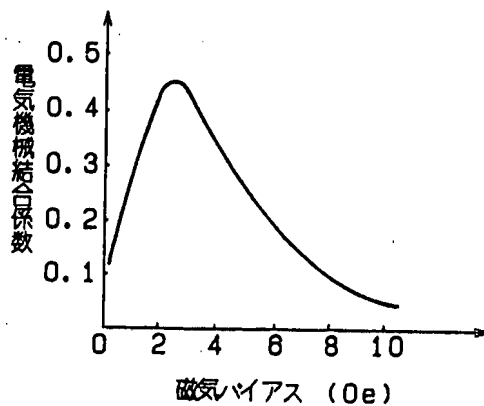
第 6 図



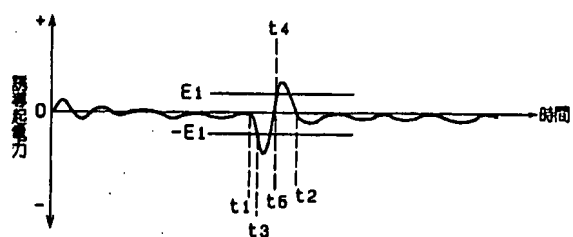
第 8 図



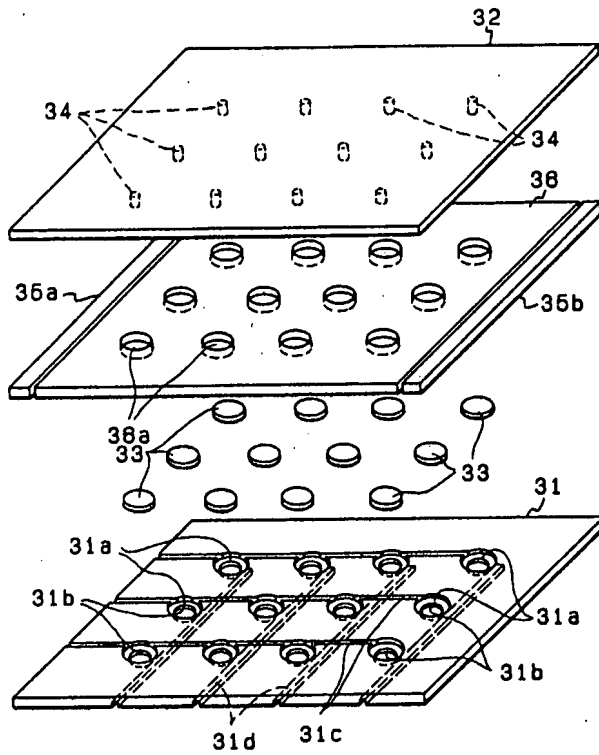
第 7 図



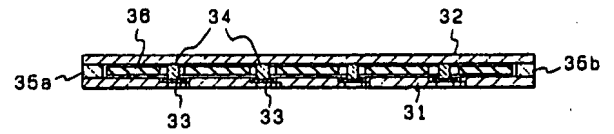
第 9 図



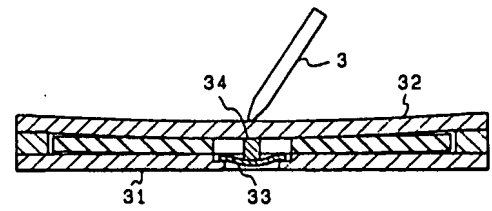
第 10 図



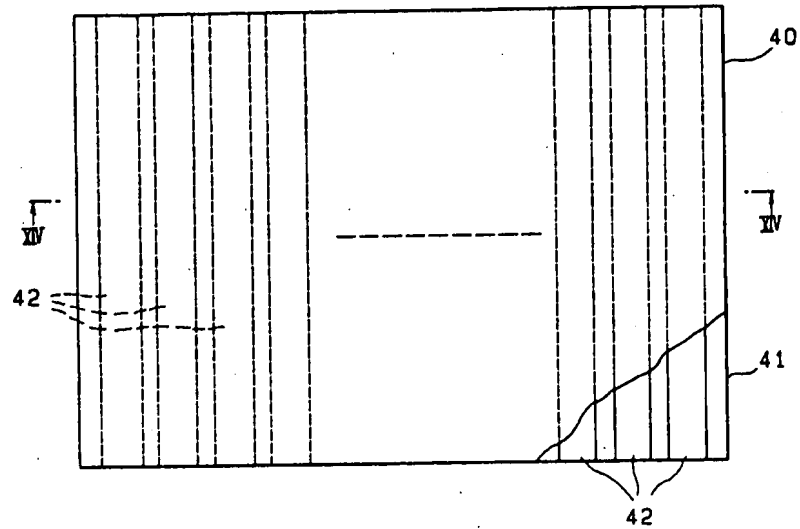
第 11 図



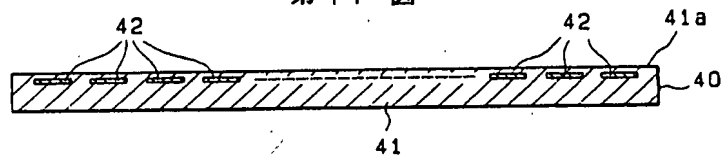
第 12 図



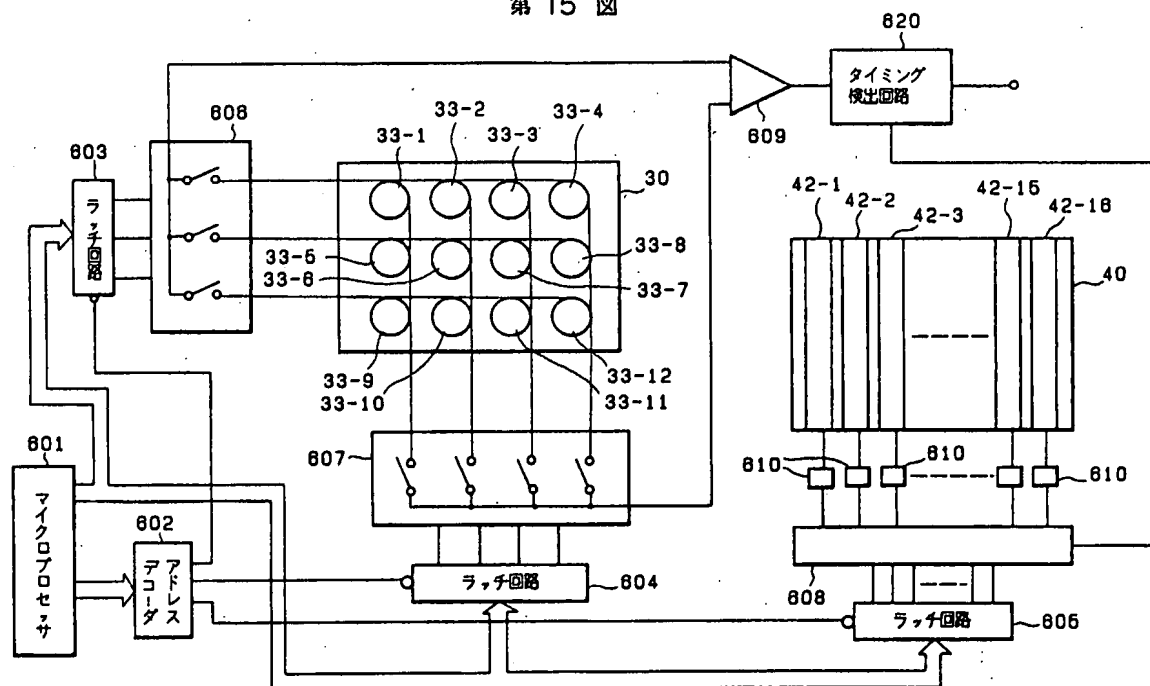
第 13 図



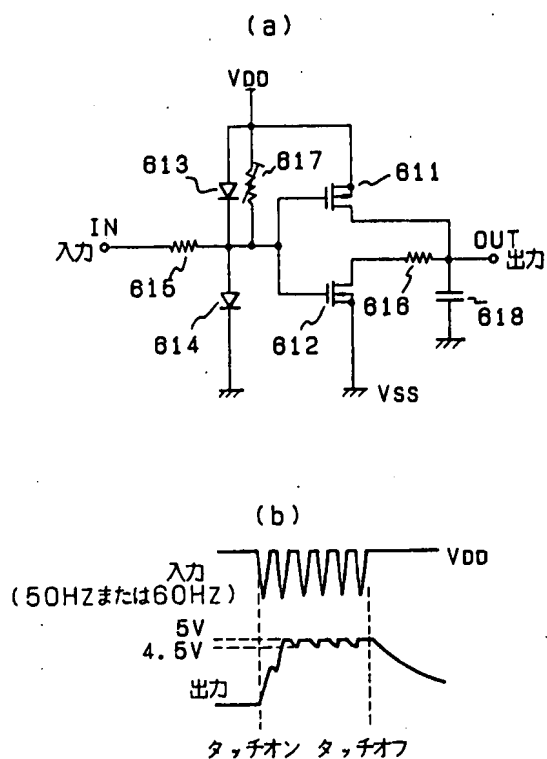
第 14 図



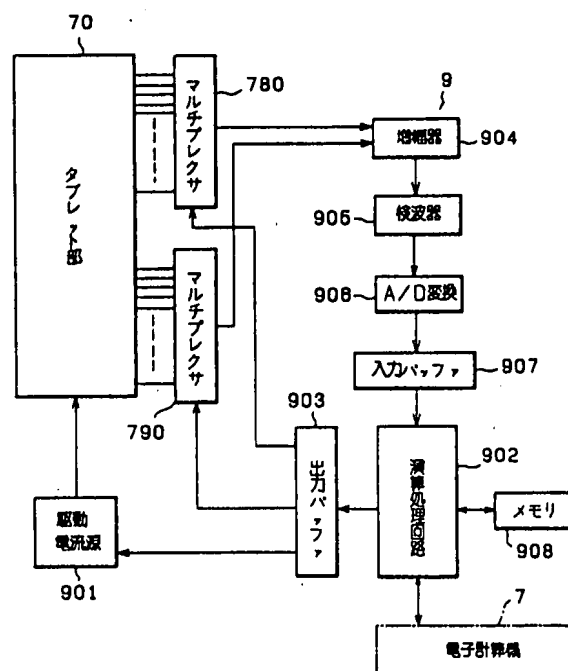
第 15 図



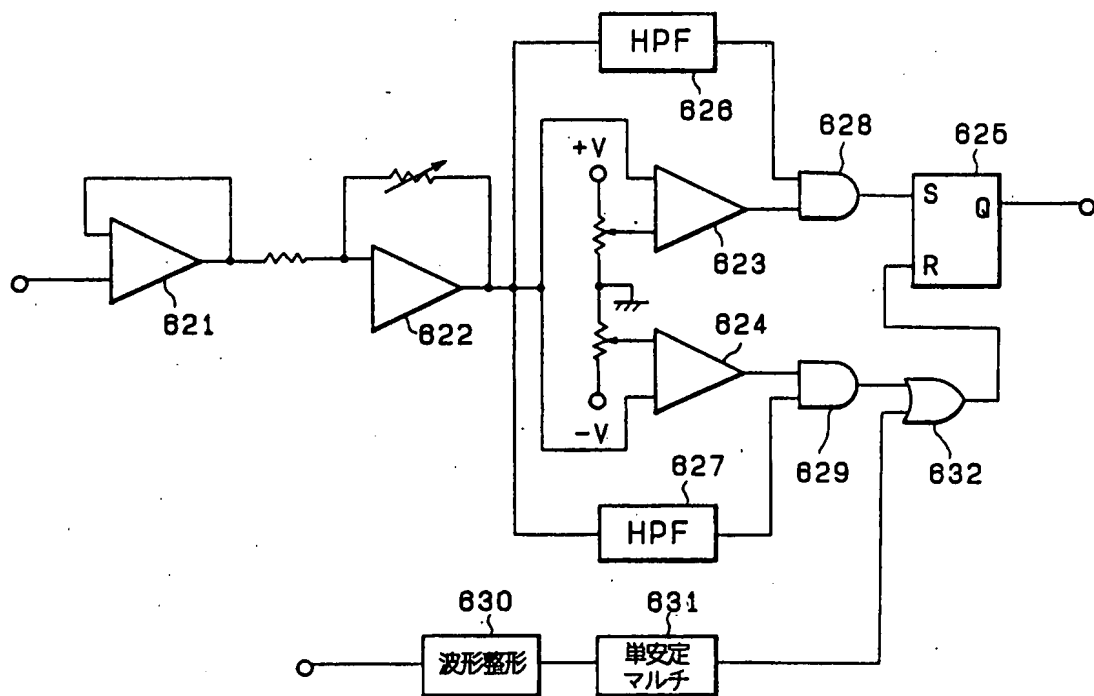
第 16 図



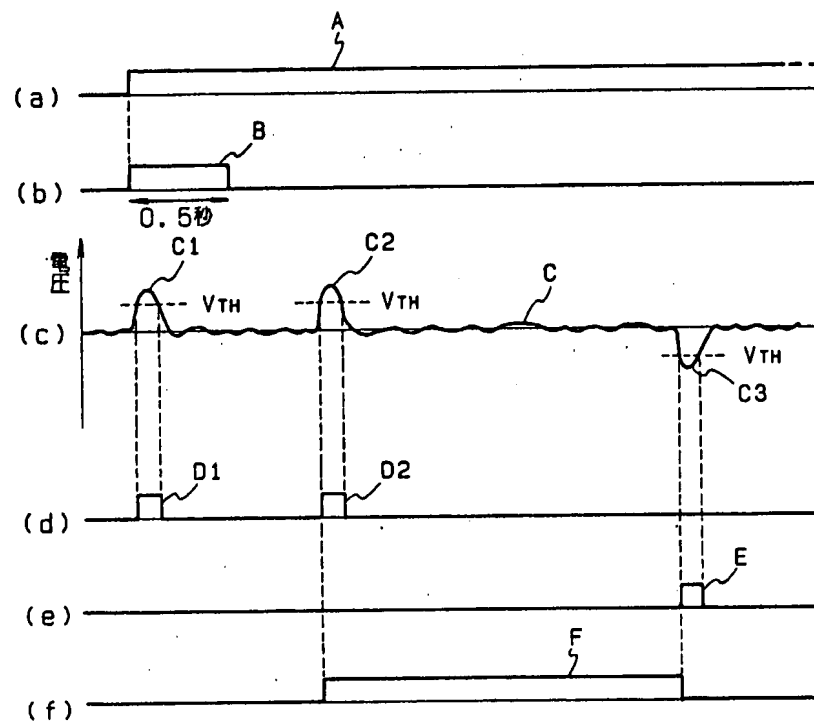
第 20 図



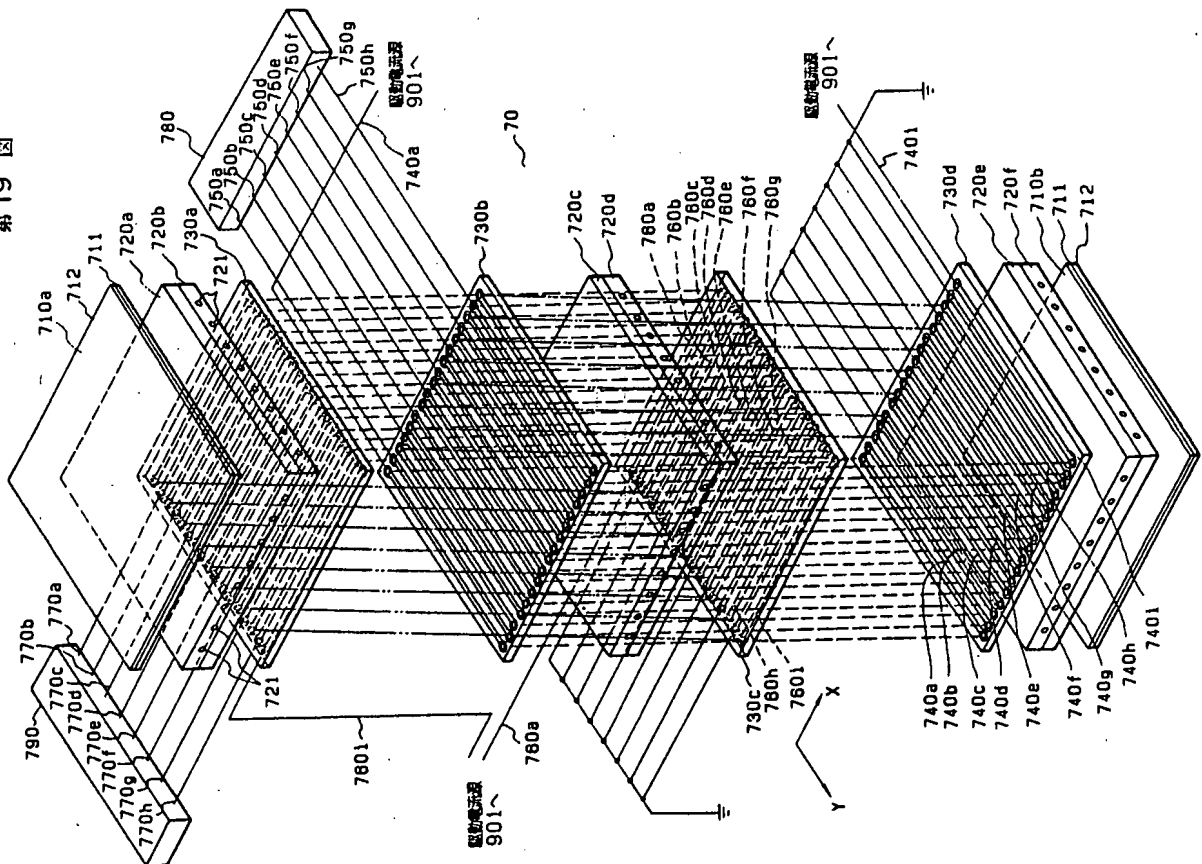
第 17 図



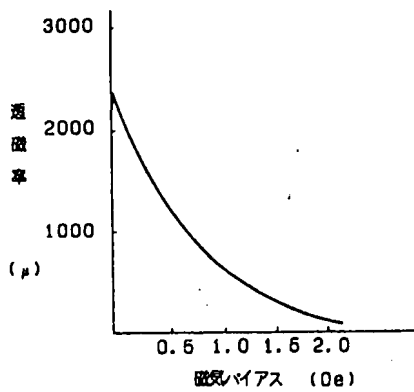
第 18 図



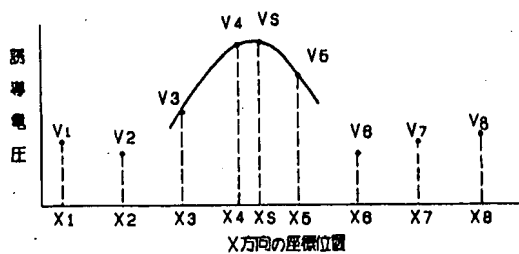
第19図



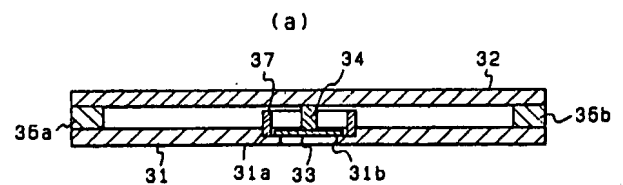
第21図



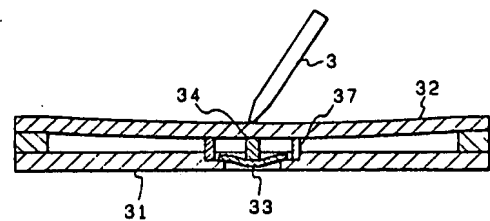
第22図



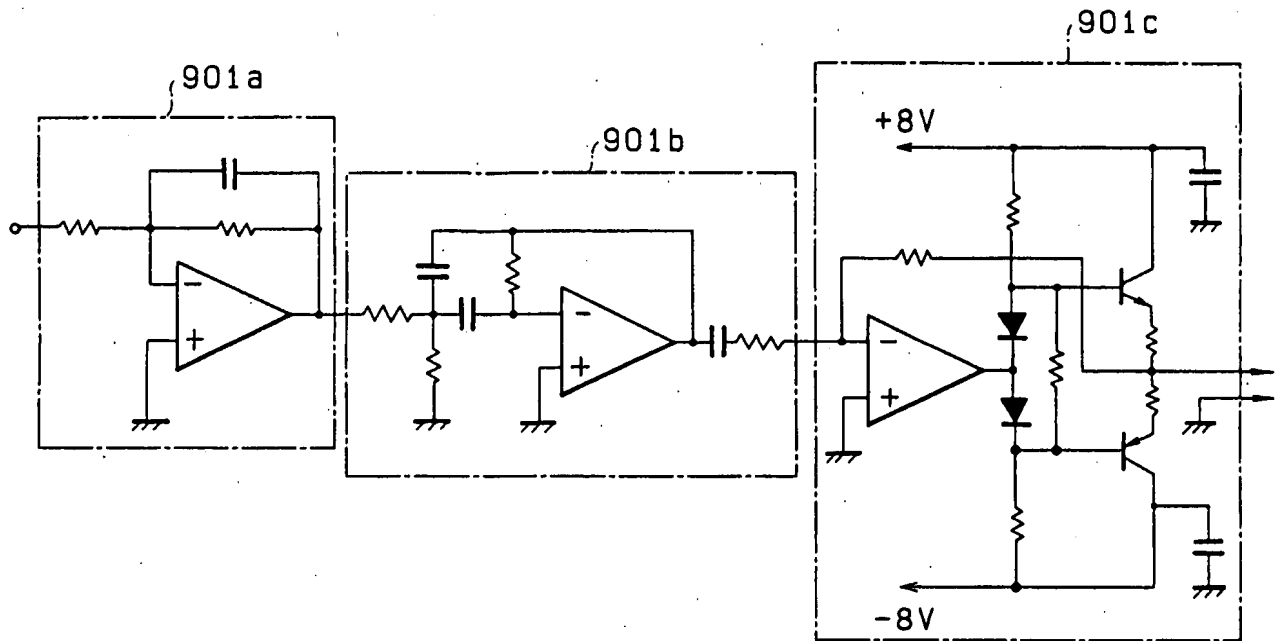
第24図



(b)



第 23 図



手 続 補 正 書 (方式)

第 25 図

昭和61年 5月 8日

特許庁長官 宇賀 道 郎 殿

1. 事件の表示

昭和61年特許願第029540号

2. 発明の名称

位置検出装置

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住 所 埼玉県北葛飾郡習志野町桜田5丁目23番4

名 称 株式会社 ワコム

代表者 吉 田 元 男

4. 代理人 平 105 電 (03) 508-9886

住 所 東京都港区虎ノ門1丁目15番11号 林ビル

氏 名 (6998) 弁護士 吉 田 精 孝

5. 補正命令の日付

昭和61年 3月31日 昭和61年 4月22日(発送日)

6. 補正の対象

「明細書の図面の簡単な説明の欄」

方式 (特出)

7. 補正の内容

(1)明細書の第46頁12行目の「(c)」と「は」との間に「(f)」を加入する。

